EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA FOLIAR Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FOTOSINTÉTICOS EN DOS VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa L.)*

PUIG Lucrecia[1], VILAS Juan Manuel[1], RODRIGUEZ Andres[1], MAIALE Santiago[1*]

Palabras claves: arroz, temperatura, fotosíntesis.

INTRODUCCION

Los aumentos de rendimiento de los cultivos en el pasado, estuvieron focalizados en aumentar el Índice de Cosecha (IC) y la arquitectura de la planta, para permitir una mayor captación y uso de la radiación solar.

El arroz al ser una C3 se encuentra limitada en el aumento del potencial de rendimiento en comparación con otros cultivos como el maíz. Es por ello que solo aumentando el potencial de la fotosíntesis de la planta de arroz es posible que se produzca un punto de ruptura en la productividad potencial que actualmente se estima en 15 – 16 tn/ha (Quintero, 2009). En otras palabras, la eficiencia fotosintética de diferentes materiales, puede considerarse un nuevo criterio de significancia en los programas de mejoras en la especie.

La tasa fotosintética (Pn) para cultivos C3 está determinada por la oferta y la demanda de CO_2 (Farquhar and Sharkey, 1982). En condiciones de valores normales de dióxido de carbono y alta irradiación, la Pn en arroz ha sido explicada por la conductancia estomática (gs, que determina la oferta de CO_2) y el contenido de nitrógeno en la hoja (N) (demanda de CO_2), además se han estudiado las diferencias varietales en el contenido de nitrógeno y gs para distintas especies de cereales (Makino et al., 1985; Ohsumi et al., 2007). Mientras que el contenido de nitrógeno es un parámetro de medición relativamente simple, la conductancia estomática es medida con equipos de medición de intercambio gaseoso, siendo un método laborioso que requiere tiempo, esto hace que sea de difícil adaptación a programas de mejoramiento (Takai et al., 2009).

Las imágenes termográficas son un método rápido y no destructivo para medir la temperatura del canopeo. Los modelos de balance de energía demuestran que la temperatura del canopeo varia con la transpiración de las hojas, reflejando cambios en la gs (Jones, 1999). La depresión de temperatura del canopeo (DTC), representa la diferencia de temperatura entre el aire y el cultivo y ha sido usada como un método de determinación indirecta de la gs.

El objetivo de este trabajo fue estudiar las diferencias varietales en los parámetros de intercambio gaseoso, evaluar las relaciones entre ambos parámetros (gs y Pn) y mediante el uso de las fotografías termográficas, establecer un método rápido y simple de predicción de gs.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos fueron realizados en microparcelas 2,8 m^2 en el Instituto Tecnológico Chascomús, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina, durante el periodo de cultivo 2016/17. Se utilizaron las variedades Nutriar FA y Camba INTA PROARROZ. Las plántulas fueron sembradas en almacigo y trasplantadas a los 30 días en las microparcelas fueron para su cultivo. El ensayo se condujo con riego por inundación, manteniendo una lámina de agua de 5 cm, desde el trasplante hasta 10 días antes de la cosecha. El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones.

Se midieron los parámetros de intercambio gaseoso con un sistema portátil de fotosíntesis, (TPS-2 Portable Photosynthesis System, MA, USA). Las medidas fueron realizadas en la hoja bandera desde la antesis y cada 15 días después hasta el inicio de la senescencia de la hoja, midiendo entre las 13 y las 16.30hs.

1 IIB-INTECH, Int. Marino Km 8, Chascomús CP: 7130, Argentina
** smaiale@intech.gov.ar*

La temperatura del canopeo fue determinada con una cámara termográfica (FLIR Systems, USA), tomando imágenes entre las 13.30Hs y las 16.30Hs y se utilizó el valor promedio de temperaturas de ambos momentos.

Los datos de temperatura y humedad relativa fueron registrados por una estación meteorológica (Cavadevices, AR) ubicada en el lugar del ensayo. Las imágenes obtenidas de la cámara termográfica se analizaron con la ayuda del software Thermacam Researcher Professional 2.10 (FLIR Systems, USA). Los gráficos y análisis estadísticos fueron realizados con el programa Prism Graphpad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diferencias varietales en Pn y Gs

Los parámetros de intercambio gaseoso fueron medidos cada 15 días en el inicio de antesis y hasta el inicio de la senescencia foliar. Las mediciones arrojaron diferencias significativas para las variedades utilizadas, Nutriar y Camba (Fig 1.) además del aumento en los valores para ambos parámetros desde antesis hasta 15 días después, lo que coincide con Takai et al. (2006) que reportaron diferencias genotípicas en el crecimiento durante este periodo. Se observó una clara disminución de estos valores a medida que avanzaba el ensayo coincidiendo con el comienzo de la madurez. Los valores de ambos parámetros fueron mayores para la variedad Camba en todo el periodo. Además se observó diferencia en la producción de grano por área siendo 957 gr/m^2 para Camba y 825 gr/m^2 para Nutriar, lo que represento, un rendimiento 15% mayor, coincidiendo con Ohsumi et al. (2007) que observaron que las variedades indicas poseen alto rendimiento y elevados valores de gs y Pn. Se encontró una correlación positiva y significativa entre gs y Pn para ambas variedades, en cada uno de los momentos (Fig. 2), demostrando que gs es un parámetro determinante de la Pn.

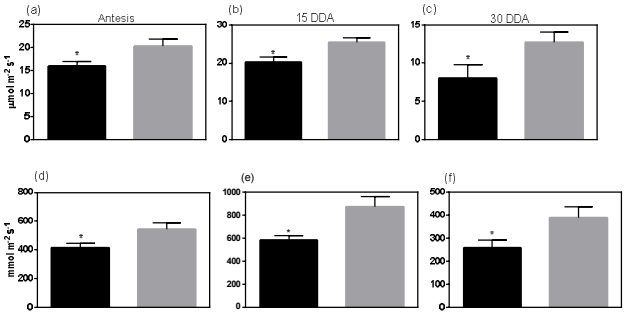
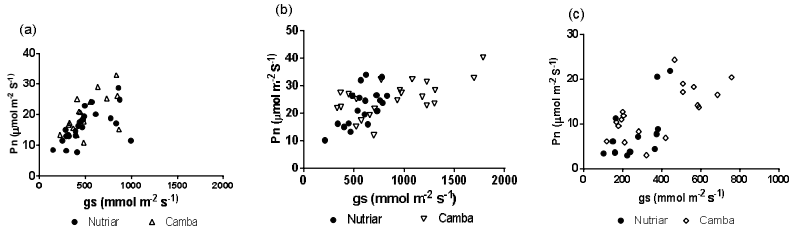


Fig 1. Parámetros Pn y gs para Nutriar (barras negras) y Camba (barras grises). Cuadros (a), (b) y (c) muestran los valores para Pn y (d), (e) y (f) muestran los valores para gs, en antesis, 15 DDA y 30 DDA respectivamente (DDA= Días después de antesis).



DDA= días después de antesis.

gs vs Pn

Variedad	r (Antesis)	r (15 DDA)	r (30 DDA)
Nutriar	0,78****	0,64**	0,64*
Camba	0,58*	0,6**	0,67**

Fig. 2- Correlación de Pearson entre Pn y gs para Nutriar y Camba en (a) antesis. (b) 15 días DDA y (c) 30 días DDA

Diferencias varietales en la temperatura del canopeo.

Las mediciones se realizaron en antesis, 15 y 30 días después en dos momentos, a las 13:30hs y a las 16:30hs, los valores de temperatura del canopeo fueron promediados; la radiación fotosintéticamente activa (PAR) fue > 450 mmol m^{-2} s^{-1} y el déficit de presión de vapor (VPD) se encontró entre los 12 y 21 hPa. La Figura 3 muestra las diferencias de temperatura entre ambas variedades respecto de la temperatura ambiente para los 3 tiempos analizados, calculadas mediante el análisis de las imágenes obtenidas con la cámara termográfica. A medida que la temperatura ambiente aumentó, la temperatura del canopeo acompaño estos incrementos pero siempre por debajo de las temperaturas del aire, lo mismo se observa a medida que decrece la temperatura ambiental cuando avanza la estación de cultivo. Esta diferencia es significativa en el caso de la variedad Camba manteniéndose entre 0,5 y 3ºC menos que el aire. En el caso de Nutriar se observa que a los 15 días después de antesis arrojo valores levemente superiores a la temperatura del aire. La diferencia entre variedades se mantuvo en el rango de 0,5 a 1ºC, siendo, como se mencionó, Nutriar la variedad con mayor temperatura. Con estos valores se calculó la depresión de la temperatura del canopeo (DTC) (Fig. 4) y este parámetro mostró diferencias significativas ($p<0,05$) para Antesis y 30 días después, demostrando las diferencias que existen entre los cultivares. Además se observó para 15 días después de antesis que la variedad Nutriar se encontró entre 0,5 y 1ºC por encima de la temperatura del aire.

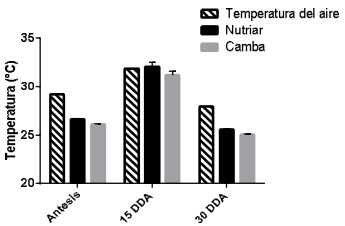


Fig. 3 – Temperatura del aire y del canopeo para los cultivares Nutriar y Camba para los 3 tiempos analizados.

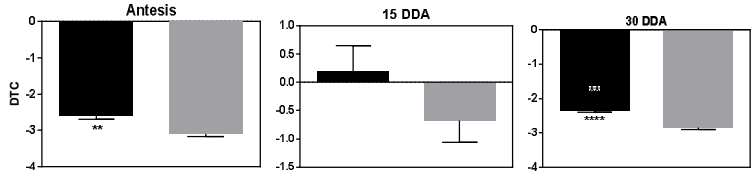


Fig. 4 - Depresión de la temperatura del canopeo (DTC) respecto de la temperatura del aire, para Nutriar (barras negras) y Camba (barras grises) durante la antesis, 15 y 20 días posteriores.

Con estos resultados se puede decir que la variedad que presento mayor caída en la temperatura del canopeo con respecto a la temperatura del aire (mayor DTC) arrojo valores más elevados de gs y Pn en todo el periodo estudiado. Esto coincide con los resultados obtenidos en Takai et al.(2010), donde se observó que la DTC refleja variaciones en la gs y además en ese trabajo también se demostró que existe una correlacion significativa entre ambos parámetros y lo mismo se observó para Pn, demostrando que mediante el uso de las imágenes termográficas es posible predecir los parámetros de intercambio gaseoso.

CONCLUSION

Existen diferencias entre variedades para los parámetros de intercambio gaseoso (conductancia estomática y fotosíntesis neta) y los mismos presentan una alta correlación durante la etapa del cultivo analizada.

El uso de imágenes termográficas como método de estimación de Pn y gs es una herramienta interesante si se pretende, por ejemplo, utilizar estos parámetros en programas de mejoramiento, siendo una forma rápida y sencilla de análisis.

Se deberían profundizar las investigaciones para determinar las correlaciones de estos parámetros y su comportamiento durante todo el ciclo del cultivo.

BIBLIOGRAFIA

FARQUAHAR, G; SHARKEY, T. Stomatal Conductance and photosynthesis. Ann. Rev. **Plant Physiology,** 33: p317-345,1982.

Fundación Proarroz., Información de Interés, Variedades de arroz. http://proarroz.com.ar/informacion-de-interes/variedades-de-arroz/camba-inta-proarroz . Fecha de acceso: 23/05/2017.

JONES, H. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. **Plant Cell Environment**, 22: p1043–1055, 1999.

MAKINO, A; MAE, T; OHIRA, K. Photosynthesis and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in rice leaves from emergence through senescence. Quantitative analysis by carboxylation/oxygenation and regeneration in ribulose 1,5-bisphosphate. **Planta**, 166: p 414–420,1985.

OHSUMI, A, et al, A model explaining genotypic and ontogenetic variation of leaf photosynthetic rate in rice (Oryza sativa) based on leaf nitrogen content and stomatal conductance. **Annales of Botany**, 99: p265–273.,2007.

QHINTERO, C. **Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina**. Paraná, Fundagro, ,2009.

TAKAI, T, et al. Mapping of QTLs controlling carbon isotope discrimination in the photosynthetic system using recombinant inbred lines derived from a cross between two different rice (Oryza sativa L.) cultivars. **Plant Production Science**, 9: p271–280., 2006.

TAKAI, T; YANO, M; YAMAMOTO, T. Canopy temperature on clear and cloudy days can be used to estimate varietal differences in stomatal conductance in rice. **Field Crops Research**, 115(2): p165-170, 2010.